

УДК 666.3-127.7

ТЕРМОСТОЙКИЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ИНФРАКРАСНЫЕ НАГРЕВАТЕЛИ НА ОСНОВЕ СЫРЬЯ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Г. С. Гиренко¹, С. М. Яговитина², И. А. Павлова³

^{1,2,3} Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

³ i.a.pavlova@urfu.ru

Аннотация. В работе представлены результаты разработки технологии производства керамических инфракрасных нагревателей, предназначенных для равномерного глубокого прогрева поверхностей при длительных термических обработках. При разработке технологии производства инфракрасных нагревателей отработаны способы их получения различными методами формования. Получен термостойкий материал с низким ТКЛР до $3,12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Ключевые слова: кордиерит, индиалит, тальк, глина, глинозем, термостойкость, пластическое формование, шликерное литье, полусухое формование

HEAT-RESISTANT CERAMIC INFRARED HEATERS BASED ON RAW MATERIALS OF THE URAL REGION

G. S. Girenko¹, S. M. Yagovitina², I. A. Pavlova³

^{1,2,3} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

³ i.a.pavlova@urfu.ru

Abstract. The paper presents the results of the development of a technology to produce ceramic infrared heaters intended for uniform deep surface heating during long-sustained heat treatment. When developing a technology to produce infrared heaters, methods for their production by various molding methods have been worked out. A heat-resistant material with a low TCLE up to $3.12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ was obtained.

Keywords: cordierite, indialite, talc, clay, alumina, heat resistance, plastic forming, slip forming, semidry forming

Материалом для изготовления инфракрасных нагревателей является кордиеритовая керамика. Использование инфракрасных керамических нагревателей снижает энергозатраты на прогрев окружающего пространства, длительно сохраняет набранную температуру. Инфракрасные нагреватели применяют в металлургии, машиностроении, химической и пищевой промышленности в качестве сот для газовых обогревателей и грилей, а также в качестве элементов печей, тандыров, обогревателей помещений, теплиц и др. Инфракрасные лучи создают комфортные и оптимальные температуры, выполняют нагрев, не пересушивая воздух. Некоторые модели инфракрасных излучателей из керамики устанавливают в парилки, которые называются инфракрасными саунами.

Одним из наиболее важных эксплуатационных свойств кордиеритовой керамики является высокая термостойкость. Термическая стойкость кордиеритовой керамики связана с низким термическим коэффициентом линейного расширения (ТКЛР) $(1-0,5) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Шамотные огнеупоры [1], отличающиеся также высокой термостойкостью, уступают кордиеритовой керамике в связи с более высоким ТКЛР $((4,5-6) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1})$. Одним из недостатков технологии производства кордиеритовой керамики является узкий интервал спекания и не слишком большая прочность [2].

Для производства кордиеритовой керамики используют чистые оксиды или соли в стехиометрических соотношениях. Недостатками таких составов являются узкий интервал спекания, невысокая прочность получаемых изделий, а главное, высокая стоимость применяемых в качестве сырья материалов. Наиболее перспективен синтез кордиерита из природных материалов, таких как каолин, глина, тальк и др., позволяющий снизить стоимость и сделать кордиеритовую керамику более доступной [3–5].

Цель проекта — получение термостойкого керамического материала на основе сырья уральского региона различными способами формования. В качестве сырьевых материалов использовали огнеупорную глину, тальк и глинозем уральского региона. Химический состав материалов, использованных в работе, представлен в табл. 1.

Формование образцов предложено выполнять полусухим прессованием, пластическим способом и шликерным литьем. Для полусухого способа формования сырьевые материалы в рассчитанном соотношении подвергали мокрому тонкому помолу в течение 9 ч.

Таблица 1

Химический состав сырьевых материалов

Материал	Содержание, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	$\Delta m_{\text{прк}}$
Глина	49,82– 55,34	28,78– 31,04	1,33– 1,90	2,40– 4,27	0,26– 0,37	0,54– 1,05	0,10– 0,19	0,65– 0,89	11,11– 13,15
Тальк	55,39– 62,60	0,38– 3,20	0– 0,01	2,52– 2,63	0,14– 0,17	26,62– 33,20	0,01– 1,34	0– 0,01	8,00– 11,02
Корунд	0– 0,599	98,00– 98,30	0– 0,14	0,408– 0,507	0– 3,23	0,322– 0,585	0,321– 0,371	0– 0,599	–

Полученный шликер сливали и подвергали сушке. Образовавшиеся после сушки коржи подвергали дроблению в ступке до размера зерен менее 3 мм. Из полученного порошка формовали образцы и подвергали их обжигу. Для пластического способа формования полусухой порошок, полученный так же, как и при полусухом способе, увлажняли водой до пластичного состояния и формовали образцы. Формование изделий шликерным литьем выполняли из шликера пониженной влажности с применением электролитов. Литье образцов производили в гипсовые формы сливным способом. Полученные образцы обжигали при температуре 1320 °С. Свойства полученных образцов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Свойства обожженных образцов

Способ формования	Кажущаяся плотность, г/см ³	Водопоглощение, %	Открытая пористость, %	Полная усадка, %
Полусухой	1,82	16,2	29,5	0,98
Пластический	1,92	11,7	22,5	1,80
Шликерное литье	1,68	21,2	35,7	2,63

Минимальной плотностью 1,68 г/см³ обладают образцы, изготовленные шликерным литьем. Минимальная усадка до 1 % получена при формовании образцов полусухим способом. При шликером способе формования усадка составляет 2,63 %.

У обожженных образцов определили ТКЛР в различных интервалах температур (табл. 3).

Таблица 3

Температурный коэффициент линейного расширения образцов

Интервал температур, °С	20–200	20–400	20–600	20–800
ТКЛР, К ⁻¹	$0,8 \cdot 10^{-6}$	$1,65 \cdot 10^{-6}$	$2,50 \cdot 10^{-6}$	$3,12 \cdot 10^{-6}$

В результате проведенных исследований определены свойства сырьевых материалов для производства кордиеритовых инфракрасных нагревателей на основе сырьевых материалов Уральского региона. Рассчитаны составы масс и определены параметры формования различными способами: полусухим прессованием, пластическим формованием, шликерным литьем. Определены параметры обжига и свойства образцов после обжига. Получен термостойкий материал с низким ТКЛР до $3,12 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹.

Список источников

1. Черепанов А. М., Тресвятский Г. С. Высокоогнеупорные материалы и изделия из окислов. М. : Металлургия, 1964. 400 с.
2. Тонкая техническая керамика / под ред. Х. Янагида ; пер. с яп. В. Я. Серебрякова, А. Н. Сеницыной ; под ред. А. К. Карклита. М. : Металлургия, 1986. 278 с.
3. Синтез кордиерита из природных материалов в присутствии Al₂O₃-содержащих компонентов / Л. Д. Зобина [и др.] // Огнеупоры. 1987. № 2. С. 24–26.
4. Современное состояние разработок в области радиопрозрачных кордиеритовых ситаллов / А. С. Чайникова [и др.] // Авиац. материалы и технологии. 2014. № 6. С. 45–51.
5. Кривошапкина Е. Ф., Кривошапкин П. В., Дудкин Б. Н. Микропористая керамика кордиеритового состава на основе природного сырья // Изв. Коми науч. центра УрО РАН. 2011. Вып. 3(7). С. 27–32.